

Le fonctionnement du cœur : intérêt des acides gras essentiels et des antioxydants chez les carnivores domestiques

E. SAGOLS¹, N. PRIYMENKO^{2*}

¹Docteur Vétérinaire, 2 allée des Cèdres, 66330 Cabestany, FRANCE.

²UP d'alimentation et de botanique appliquée, ENVT, 23 chemin des capelles, BP 87614, 31076 Toulouse cedex 3, FRANCE.

* Auteur chargé de la correspondance : n.priymenko@envt.fr

RÉSUMÉ

Depuis de nombreuses années, la prise en charge alimentaire des patients humains atteints d'insuffisance cardiaque a été définie. Outre l'importance d'une alimentation pauvre en sel, un apport élevé en acides gras essentiels et en antioxydants serait un atout pour améliorer le bien-être et l'espérance de vie de ces patients. En effet, les acides gras essentiels régulent la réaction inflammatoire et la production de cytokines observées lors d'insuffisance cardiaque est à l'origine de dégâts cellulaires importants. Ces acides gras sont également des constituants importants de la membrane plasmique des cellules et limitent l'impact des radicaux libres produits lors d'insuffisance cardiaque. Les antioxydants neutralisent ces radicaux libres en amont, limitant ainsi les dommages causés aux cellules cardiaques. Dans ce domaine, peu d'études ont été menées pour le moment chez les carnivores domestiques, mais celles-ci semblent déjà très prometteuses.

Mots-clés : Insuffisance cardiaque, chien, chat, acides gras essentiels, antioxydant.

SUMMARY

Heart improvement in dogs and cats: the role of essential fatty acids and antioxidants

For now many years, dietary requirements for human patients suffering from heart failure have been known. Besides the importance of a diet low in salt, it appears that intake of essential fatty acids and antioxidants are an asset to improve the well being and life expectancy of these patients. Indeed, the essential fatty acids regulate the inflammatory response and production of cytokines observed during heart failure, main cause of significant cellular damages. These fatty acids also take part in cell membrane constitution, limiting the impact of the free radicals produced during heart failure. Antioxidants neutralize free radicals upfront, thus limiting damages to heart cells. However, in this field, few studies have yet been carried out in domestic carnivores, but they already seem very promising.

Keywords: Heart failure, dog, cat, essential fatty acids, antioxidant.

Introduction

L'espérance de vie des carnivores domestiques n'a cessé d'augmenter depuis de nombreuses années en raison des progrès de la médecine vétérinaire, avec pour conséquence une augmentation des maladies de l'animal âgé. Actuellement, l'insuffisance cardiaque est une des causes les plus fréquentes de décès chez les carnivores domestiques. En effet, environ 10 % de la population canine présente une pathologie cardiaque qui, à terme, peut évoluer vers une insuffisance cardiaque [8]. Certes, de nombreux traitements permettent de ralentir l'évolution de la maladie, mais un régime alimentaire adapté constitue une aide, voire un complément thérapeutique efficace pour améliorer l'espérance de vie et le bien-être de ces animaux.

Des recommandations au sujet de l'apport énergétique, protéique et sodique ont déjà été énoncées dans la littérature pour les carnivores atteints d'insuffisance cardiaque [2]. Cependant, l'apport alimentaire en acides gras essentiels et en anti-oxydants, pourrait être modulé avec profit lors de troubles cardiaques car ces éléments jouent un rôle dans l'homéostasie des cellules cardiaques. En effet, chez les animaux insuffisants cardiaques, l'oxygénation du cœur se fait moins bien, ceci étant à l'origine d'une importante production

de radicaux libres [21]. Ces radicaux libres sont des molécules très instables et hautement toxiques pour les cellules. Dans les conditions normales, des enzymes antioxydantes s'opposent à ce phénomène mais, lors d'insuffisance cardiaque, une trop grande quantité de radicaux libres est formée, entraînant l'apparition de dégâts cellulaires importants (désorganisation des membranes plasmiques, fragmentation de l'ADN...). Dans ces conditions, l'apport alimentaire d'acides gras essentiels et de molécules antioxydantes telles que le coenzyme Q10 et les polyphénols tend à contrecarrer cet excès de radicaux libres et leurs effets néfastes sur le fonctionnement des cellules cardiaques.

Les acides gras essentiels

Les acides gras sont des acides carboxyliques à longue chaîne carbonée ayant un nombre pair d'atomes de carbone, une extrémité acide carboxylique (-COOH) et une extrémité méthyle (-CH₃). Ces acides gras peuvent être saturés ou non, selon l'absence ou la présence de doubles liaisons entre les atomes de carbone. Il existe des acides gras saturés (absence de doubles liaisons), monoinsaturés (une double liaison) ou polyinsaturés (plusieurs doubles liaisons) (tableau I).

Nom de l'acide gras	Formule chimique	Source alimentaire
Acide linoléique	C 18 : 2 ω 6	Toutes huiles végétales
Acide alpha-linolénique	C 18 : 3 ω 3	Huiles de soja, colza, lin
Acide dihomo-gamma-linolénique	C 20 : 2 ω 6	Poissons gras
Acide arachidonique	C 20 : 4 ω 6	Graisse de porc, poulet
Acide éicosapentaénoïque (EPA)	C 20 : 5 ω 3	Poissons gras
Acide docosahexaénoïque (DHA)	C 22 : 6 ω 3	Poissons gras

TABLEAU I : Acides gras essentiels les plus fréquemment rencontrés en alimentation et leur formule chimique.

Les acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3, dont l'acide éicosapentaénoïque (EPA), l'acide docosahexaénoïque (DHA) (figure 1) et l'acide α -linoléique, et ceux de la famille des oméga 6, dont l'acide arachidonique, sont des acides gras dits « essentiels » dans la mesure où ils ne sont pas ou peu synthétisés par les animaux terrestres. En effet, certaines doubles liaisons ne peuvent être créées par les enzymes animales, c'est pourquoi ces animaux sont directement dépendants de leur apport alimentaire. Ces acides gras doivent donc être présents dans l'alimentation pour satisfaire les besoins de l'organisme. Ces molécules sont respectivement caractérisées par une double liaison entre le 3^{ème} et le 4^{ème} carbone et entre le 6^{ème} et le 7^{ème} carbone à partir du groupement méthyl-terminal. A partir de ces acides gras essentiels, tous les autres acides gras nécessaires à l'organisme peuvent être synthétisés.

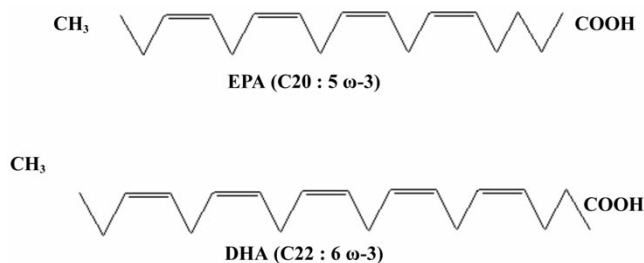


FIGURE 1 : Structure chimique de l'acide éicosapentaénoïque (EPA) et de l'acide docosahexaénoïque (DHA).

LES ACIDES GRAS ESSENTIELS ET LEUR ACTION SUR LE FONCTIONNEMENT DU CŒUR

Acides gras essentiels et réaction inflammatoire

Les acides gras essentiels sont des molécules largement impliquées dans la régulation de la réaction inflammatoire observée dans de nombreuses maladies, notamment lors d'insuffisance cardiaque. En effet, lorsque cette réaction inflammatoire devient excessive et incontrôlée, elle peut être à l'origine de dégâts cellulaires importants. Or, dans une étude menée chez des femmes en bonne santé, la supplémentation en acides gras oméga 3 a montré des propriétés anti-inflammatoires en réduisant la production de certaines

cytokines, telles que le TNF α et l'interleukine 1, particulièrement mises en cause dans la cachexie cardiaque [3, 16]. Dans une autre étude menée chez des chiens insuffisants cardiaques, l'apport alimentaire d'huile de poisson améliore l'état de cachexie de ces animaux et diminue la production de cytokines [9]. A l'inverse, les acides gras oméga 6 seraient des activateurs de l'inflammation [6] (figure 2).

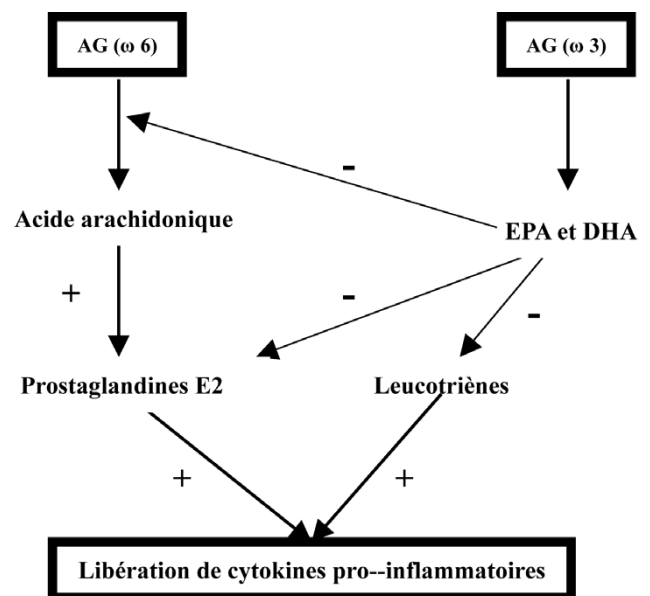


FIGURE 2 : Action des acides gras oméga 3 et 6 dans la libération des cytokines pro-inflammatoires. (-) inhibition de la synthèse des cytokines ou de leurs précurseurs. (+) : activation de la synthèse des cytokines ou de leurs précurseurs.

Acides gras essentiels et stress oxydant

L'état d'insuffisance cardiaque s'accompagne d'un état de stress oxydant qui se déroule à deux niveaux : de façon chronique, avec la production régulière de molécules oxydantes et, de façon aiguë, lors de phénomènes d'ischémie reperfusion, où la quantité de radicaux libres produite est très importante. Les acides gras insaturés des membranes cellulaires sont alors les premiers touchés par les radicaux libres, ceci ayant pour conséquence une désorganisation des membranes plasmiques et donc un dysfonctionnement des cellules cardiaques.

Cependant, dans une étude menée chez des chiens atteints d'arthrite, l'apport alimentaire d'acides gras essentiels entraîne une augmentation de leur incorporation dans les

membranes plasmiques, rendant les cellules moins sensibles au stress oxydant [1].

De plus, chez le rat, il a été montré qu'une supplémentation quotidienne en acides gras oméga 3 augmente de façon significative les concentrations en superoxyde dismutase, enzyme largement impliquée dans la lutte contre les radicaux libres produits par le stress oxydant [14].

En outre, en diminuant les dysfonctionnements cellulaires liés au stress oxydant, les acides gras oméga 3 stabilisent le potentiel électrique des myocytes et diminuent l'incidence des troubles du rythme des cellules cardiaques. Cependant, cette dernière étude ne rend compte que de ce qui se passe *in vitro*, sur des cellules cardiaques de rat, pour les modèles d'ischémie reperfusion et ne permet donc pas de conclure sur un éventuel bénéfice similaire *in vivo* lors d'atteinte cardiaque chronique [13].

LES SOURCES D'ACIDES GRAS ESSENTIELS

Les acides gras polyinsaturés oméga 3 sont présents dans le saumon, le maquereau, le hareng, la truite (particulièrement riches en acides gras oméga 3 à longue chaîne tels que l'EPA et le DHA), les graines de colza, de lin et leurs huiles (particulièrement riches en acide α -linoléique). A l'inverse, les graines de tournesol, les germes de blé, les graines de sésame, les noix, le soja, le maïs et leurs huiles contiennent surtout des acides gras oméga 6 (tableau II).

Sources	Acides gras oméga 3	Acides gras oméga 6
Saumon	3,2	0,7
Hareng	2	0,4
Noix	3	30,6
Lin	20,3	4,9
Soja	1,2	8,6
Colza	2,1	9
Blé	0,5	5,5
Tournesol	0	30,7
Beurre	1,2	1,8
Huile de soja	5	50
Huile de colza	9	22
Huile d'olive	0,6	7,9

TABLEAU II : Quantité d'acides gras oméga 3 et oméga 6 (en g/100 g d'aliment) de différentes matières premières utilisées dans la préparation des rations [7].

Cependant, tous les acides gras essentiels ne sont pas équivalents. En effet, chez l'Homme, l'ingestion d'acides gras oméga 3 tels que l'EPA et le DHA augmente leur concentration dans les cellules de l'inflammation, à l'origine d'une diminution de la production des cytokines pro-inflammatoires [3]. Cependant, l'apport alimentaire d'acide α -linoléique, précurseur de l'EPA et du DHA, ne semble pas avoir un effet anti-inflammatoire aussi important, certainement en raison d'une faible conversion cellulaire de l'acide α -linoléique en EPA et DHA. Ainsi, il vaut mieux privilégier les huiles de

poisson pour favoriser un apport en EPA et DHA et avoir un effet anti-inflammatoire optimal, à l'inverse des sources végétales d'oméga 3 qui apportent principalement des précurseurs.

Par contre, bien que les acides gras oméga 6 soient des activateurs de la cascade inflammatoire, il semble que l'augmentation de la consommation d'acide arachidonique ne soit pas à l'origine d'une augmentation de la production de ces cytokines [1].

APPORTS RECOMMANDÉS EN ACIDES GRAS ESSENTIELS

Bien que la dose optimale reste encore à déterminer, la plupart des auteurs recommandent de compléter les aliments avec environ 40 mg/kg PV d'EPA et 25 mg/kg PV de DHA. Par contre, dans une étude menée chez des chiens sains, il semblerait que ce soit plus le ratio oméga 6/oméga 3 que la quantité d'acides gras oméga 3 à apporter qui compte. En effet, les acides gras oméga 6 sont activateurs de l'inflammation, mais si la quantité d'acides gras oméga 3 apportée est trop importante, il y a un risque de peroxydation des lipides. Le ratio le plus adapté en termes de bénéfices-risques est le ratio 5:1 [26]. Cependant, dans les aliments du commerce destinés aux chiens insuffisants cardiaques, les ratios oméga 6/oméga 3 sont très variables et pas toujours proches de ces recommandations.

Par leurs propriétés anti-inflammatoire, anti-radicalaire et anti-arythmique, l'apport alimentaire d'acides gras essentiels de la famille des acides gras oméga 3 limite les troubles du rythme cardiaque, les phénomènes de cachexie et de stress oxydant directement liés à l'insuffisance cardiaque et aggravant celle-ci (tableau III).

Les anti-oxydants

Les antioxydants issus de l'alimentation peuvent intervenir au niveau cellulaire pour limiter les conséquences néfastes liées à la production de radicaux libres.

LE COENZYME Q10

Le coenzyme Q10, ou ubiquinone, est un cofacteur nécessaire au fonctionnement de certaines enzymes, notamment au niveau des chaînes respiratoires des mitochondries. Il joue donc un rôle dans la production d'énergie.

Le Coenzyme Q10 et son action sur le fonctionnement du cœur

La production de radicaux libres est le résultat d'une mauvaise utilisation du dioxygène par les cellules. Ainsi, le coenzyme Q10, qui entre dans la composition des chaînes respiratoires des mitochondries, améliore *in vitro* la production d'énergie des cellules et limite la production de radicaux libres [10]. De plus, le coenzyme Q10 possède des propriétés antioxydantes : il lutte contre les radicaux libres libérés après reperfusion et protège ainsi les cellules contre les lésions de l'ADN qui pourraient en résulter [12, 27].

Réf.	Espèce	Type d'étude	Conclusion
AGE oméga 3			
1	24 chiens atteints d'arthrite	Etude prospective randomisée contre placebo	Augmentation d'EPA et DHA dans le plasma et dans la synovie Diminution des marqueurs biologiques de l'inflammation
9	28 chiens insuffisants cardiaques chroniques et 5 chiens sains	Etude prospective randomisée contre placebo	Amélioration de l'état de cachexie des animaux Diminution de la production d'IL-1 et de TNF
13	Cellules cardiaques de rats	Etude <i>in vitro</i>	Stabilisation du potentiel électrique des myocytes et diminution des troubles du rythme des cellules cardiaques par
14	Rats	Etude prospective randomisée	Augmentation de l'activité de l'enzyme Super Oxyde Dismutase Diminution de la production de thromboxane, hormone intervenant dans la régulation de la pression artérielle
16	6 jeunes femmes et 6 femmes âgées en bonne santé	Etude prospective	Diminution de la production des cytokines IL-1, IL-2, IL-6 et TNF α
26	20 chiens sains âgés	Etude prospective	Diminution de la production des PGE2 avec un risque de peroxydation des lipides et d'une carence en vitamine E
Coenzyme Q10			
10	Rats	Etude <i>in vitro</i>	Amélioration de la récupération du cœur après un phénomène d'ischémie reperfusion (meilleure récupération de la pression sanguine, diminution de la production de phosphates inorganiques)
11	5 chiens sains et 10 chiens cardiaques	Etude prospective randomisée	Diminution de l'hypertrophie cardiaque
17	22 hommes insuffisants cardiaques	Etude prospective randomisée en double aveugle contre placebo	Amélioration du fonctionnement du ventricule gauche
Polyphénols			
5	43 hommes et femmes à haut risque cardiovasculaire	Etude randomisée en double aveugle avec contrôle	Amélioration de la résistance de l'endothélium aux variations du flux sanguin
18	Cœurs de rats	Etude <i>in vitro</i>	Effet anti-arythmique par neutralisation des radicaux libres.
23	Rats	Etude prospective randomisée	Effet antioxydants et maintien de la concentration plasmatique en lipides, lipoprotéines et ATPase
24	Cellules musculaires de rat	Etude <i>in vitro</i>	Production de facteurs vasodilatateurs et diminution de la production de facteurs vasoconstricteurs
30	24 jeunes femmes et 20 femmes âgées	Etude prospective croisée en simple aveugle contre placebo	Diminution des triglycérides et du LDL cholestérol, du stress oxydant de l'ensemble du corps, du TNF α et des marqueurs de l'inflammation

TABLEAU III : Principales études citées dans l'article.

Enfin, il semblerait que le coenzyme Q10 améliore le fonctionnement global du cœur. En effet, chez les patients humains atteints d'insuffisance cardiaque congestive, une supplémentation de 100 mg deux fois par jour améliore la contractibilité du ventricule gauche [17], augmente le débit cardiaque et limite l'hypertrophie ventriculaire [11, 25].

Les sources de coenzyme Q10

Le coenzyme Q10 peut être synthétisé directement par les organismes vivants à partir de phénylalanine, d'acétyl CoA, de tyrosine, avec l'aide de 8 vitamines (B₂, B₃, B₅, B₆, B₉

B₁₂ et C). Il peut également provenir d'aliments, comme la viande de poulet et de boeuf, les abats, et en moins grande quantité le poisson, les légumes et les céréales (tableau IV). Cependant, le coenzyme Q10 est une molécule hydrophobe et de haut poids moléculaire, sa digestibilité est donc faible [4].

Le coenzyme Q10 peut être synthétisé industriellement grâce à des levures [20]. La biodisponibilité de ce coenzyme Q10 de synthèse, étudiée chez le chien, montre que la formulation a une importance non négligeable sur son absorption. En effet, il apparaît que les capsules contenant de la poudre ont une moins bonne biodisponibilité que les formulations gélatineuses qui ont l'avantage d'apporter le coenzyme Q10

Groupe alimentaire	Aliment	Contenu en coenzyme Q10 (µg/g)
Viandes et volailles	Coeur de porc (frit)	203
	Boeuf (frit)	31
	Poulet (frit)	17
	Côtelette de porc (frite)	14
	Jambon (bouilli)	7,7
Poisson	Hareng (mariné)	27
	Truite (vapeur)	11
	Saumon (fumé)	4,3
Céréales	Pain blé	0,09
	Pain seigle	0,17
	Riz (bouilli)	0,18
Légumes	Brocoli (bouilli)	6,6
	Chou-fleur (bouilli)	4,9
	Pomme de terre (bouillie)	0,52
	Tomate (crue)	0,19
	Carotte (crue ou bouillie)	0,24
Fruits	Orange	2,2
	Pomme	1,1
	Kiwi	0,49
Produits laitiers	Yogourt	1,2
	Fromage	0,16
	Fromage à la crème	0,29
Oeufs	Oeuf cru	1,5
	Oeuf bouilli	2,3

TABLEAU IV : Teneur en coenzyme Q10 des aliments [28].

sous forme solubilisée, forme qui traverse mieux la paroi de l'intestin [4, 29]. Cependant, la digestibilité du coenzyme Q10 n'est pas précisément connue.

Apports recommandés en Coenzyme Q10

L'apport recommandé actuellement chez le chien insuffisant cardiaque est de 30 à 90 mg *in toto* par voie orale, deux fois par jour. Les bénéfices de cette supplémentation en coenzyme Q10 seraient la correction d'une éventuelle carence, l'amélioration de l'efficacité métabolique du myocarde et l'augmentation de la protection antioxydante [8, 27]. Cette supplémentation est d'autant plus importante que les aliments du commerce, même ceux destinés aux animaux insuffisants cardiaques, n'en contiennent pas. Cependant, certains travaux sont en désaccord avec les études que nous venons de citer et montrent peu de différences avec ou sans supplémentation en coenzyme Q10, chez les chiens insuffisants cardiaques. La supplémentation orale de coenzyme Q10 limiterait l'hypertrophie du cœur due à l'insuffisance cardiaque, augmenterait sa concentration plasmatique, mais pas sa concentration dans le myocarde, le mécanisme de passage du coenzyme Q10 exogène dans les tissus et les cellules n'ayant pas été déterminé [11].

Par ses propriétés de cofacteur dans la production d'énergie, le coenzyme Q10 améliore la production d'énergie des cellules,

limite la production de radicaux libres et améliore ainsi le fonctionnement global du cœur (tableau III).

LES POLYPHÉNOLS

Les polyphénols attirent depuis peu l'attention de beaucoup d'industriels. En effet, pendant longtemps, ces molécules étaient considérées comme inintéressantes pour l'organisme, tant au niveau nutritionnel que pour la santé, mais les progrès des techniques d'analyse, ont permis de mieux comprendre le rôle de ces composés organiques.

Les polyphénols sont des molécules synthétisées par les plantes en réponse à un stress de l'environnement. Ils forment une large famille de composés chimiques qui contient plus de 8000 molécules organiques différentes. Tous les polyphénols ont pour caractéristique de comporter un ou plusieurs noyaux benzènes sur lesquels sont fixés un ou plusieurs groupements alcool (-OH).

Il existe deux grandes classes de polyphénols : les monomères, qui comprennent les acides phénoliques (monomères non flavanoïdes composés d'un noyau benzénique) et les flavanoïdes (composés de trois noyaux benzéniques et d'un nombre variable de fonctions alcool), et les polymères, qui comprennent les oligomères (2-5 monomères d'acides phénoliques), les tanins (condensés ou hydrolysables), les stilbènes, les lignanes, les saponines, et les phytostérols (figure 3).

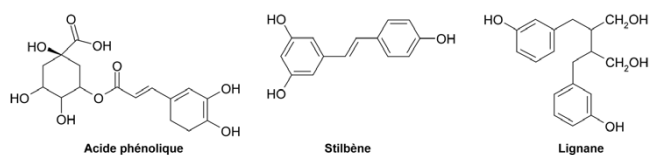


FIGURE 3 : Structure chimique de trois polyphénols.

Les polyphénols et leur action sur le fonctionnement du cœur

Les polyphénols ont un rôle antioxydant qui leur permet de neutraliser chez le rat les radicaux libres produits par le stress oxydant [15, 23] et de protéger ainsi les endothéliums vasculaires [19]. Cette propriété leur permet également *in vitro* d'atténuer les dysfonctionnements des cellules cardiaques dus aux phénomènes d'ischémie-reperfusion [18].

Cependant, l'action des polyphénols au niveau cardiovasculaire ne se résume pas à ces propriétés antioxydantes. D'une part, ils semblent pouvoir réduire l'hypertension artérielle en augmentant la production de facteurs de vasodilatation et en diminuant la production de facteurs de vasoconstriction *in vitro* [24]. D'autre part, ils limitent chez l'Homme le risque d'athérosclérose par leur action anti-inflammatoire en diminuant la production des cytokines inflammatoires impliquées dans l'adhésion cellulaire [30].

Les sources de polyphénols

Les données dont nous disposons concernant la place des polyphénols dans l'alimentation et leurs effets bénéfiques sur la santé sont assez floues. Dans l'alimentation, les polyphénols se trouvent dans les produits d'origine végétale (tableau V). Cependant, la détermination de la composition en polyphénols des aliments est rendue difficile par la très grande diversité de ces molécules.

Il existe une grande différence entre la quantité de polyphénols contenue dans l'alimentation et celle qui est effectivement absorbée et utilisée par l'organisme : la cuisson, le

Aliment	Teneur en polyphénols
Thé	100 - 800
Raisin noir	300 - 7500
Pomme de terre	100 - 190
Soja	200 - 900
Farine de Soja	800 - 1800
Farine de maïs	310
Farine de blé	70 - 90
Pomme	50 - 600
Haricots	350 - 550
Tomate	2 - 15

TABLEAU V : Sources principales de polyphénols dans l'alimentation et leur teneur en polyphénols (en mg/kg) [15].

fait de peler les fruits et les légumes et leur conservation sont autant de facteurs qui diminuent l'apport effectif de polyphénols à l'organisme. En outre, la digestibilité des polyphénols dépend de leur structure : les polyphénols hautement polymérisés traversent difficilement la paroi intestinale. Les petits polymères sont absorbés plus facilement et ont une meilleure action systémique, ce qui leur confère une meilleure valeur nutritionnelle [15, 22].

Les apports recommandés en polyphénols

Aucune étude n'a été réalisée sur l'effet des polyphénols chez les carnivores domestiques mais, il est vraisemblable que la quantité de polyphénols ingérée par les chiens et les chats, que ce soit via une alimentation de type industriel ou via une alimentation ménagère, soit très faible. Les études disponibles concernent uniquement l'Homme qui devrait consommer au moins 1 g de polyphénols par jour *in toto* pour obtenir un bénéfice pour le cœur, ce qui correspond environ à 15 mg de polyphénols par kg et par jour pour un adulte de taille moyenne [5]. On peut supposer que la même dose de polyphénols puisse avoir des effets bénéfiques sur le fonctionnement du cœur chez les carnivores domestiques insuffisants cardiaques.

Par leurs propriétés antioxydantes, anti-arythmiques et vasodilatatrices, les polyphénols protègent les endothéliums vasculaires et limitent les effets néfastes dus au stress oxydant, améliorant ainsi le fonctionnement global du cœur.

Conclusion

Bien qu'il soit reconnu depuis de nombreuses années qu'une alimentation adaptée est un atout pour la gestion du patient insuffisant cardiaque, la place accordée aux acides gras essentiels et aux antioxydants est encore trop limitée actuellement chez les carnivores domestiques. Pourtant, par leur action anti-inflammatoire, les acides gras essentiels diminuent la production de cytokines à l'origine de dégâts cellulaires importants. De plus, en prenant part à la constitution des membranes plasmiques, ils diminuent la sensibilité des cellules à l'attaque des radicaux libres. Enfin, l'apport conjoint de molécules antioxydantes permet une action synergique en neutralisant la production des radicaux libres en amont, rendant les cellules moins sensibles au stress oxydant. Cependant, bien que les études menées jusqu'à présent semblent très prometteuses, elles ont été menées, pour la plupart, *in vitro*, chez l'Homme ou chez le rat. Malheureusement, peu d'études ont été réalisées chez le chien et encore moins chez le chien insuffisant cardiaque. Il est donc difficile, dans ces conditions, de prédire l'impact que pourraient avoir *in vivo* de telles suppléments chez les carnivores domestiques insuffisants cardiaques.

Bibliographie

1. BAUER J.E.: Responses of dogs to dietary omega-3 fatty acids. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 2007, **11**, 1657-1661.

2. - BLANCHARD G., PARAGON B.M. : Adaptations nutritionnelles chez l'insuffisant cardiaque. *Point Vet.*, 2002, **33**, 128-131.
3. - CALDER P.C.: n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, **83**, 1505S-1519S.
4. - CHOPRA R.K., GOLDMAN R., SINATRA S.T., BHAGAVAN H.N.: Relative bioavailability of coenzyme Q10 formulations in human subjects. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 1998, **68**, 109-113.
5. - CLIFTON P.M.: Effect of grape seed extract and quercetin on cardiovascular and endothelial parameters in high-risk subjects. *J. Biomed. Biotechnol.*, 2004, **5**, 272-278.
6. - ENDRES S., DECATERINA R., SCHMIDT E.B., KRISTENSEN S.D.: n-3 polyunsaturated fatty acids. *Eur. J. Clin. Invest.*, 1995, **25**, 629-638.
7. - FEINBERG M., FAVIER J.C. : Ireland-Ripert J.: Répertoire général des aliments, Table de composition des corps gras (tome 1). Technique et Documentation, INRA, et Ciquel-Regal ed., 1987.
8. - FREEMAN L.M., RUSH J.E. : Maladies cardiovasculaires : influence de l'alimentation. In : PIBOT P., BOURGEOIS V., ELLIOT D. Encyclopédie de la nutrition clinique canine. Paris : Royal Canin, 2006, 316-347.
9. - FREEMAN L.M., RUSH J.E., KEHAYIAS J.J., ROSS J.N., MEYDANI S.N., BROWN D.J., DOLNIKOWSKI G.G., MARMOR B.N., WHITE M.E., DINARELLO C.A., ROUBENOFF R. : Nutritional alterations and the effect of oil fish supplementation in dogs with heart failure. *J. Vet. Intern. Med.*, 1998, **12**, 440-448.
10. - HANO O., THOMPSON-GORMAN S.L., ZWEIER J.L., LAKATTA E.G : Coenzyme Q10 enhances cardiac functional and metabolic recovery and reduces Ca²⁺ overload during postischemic reperfusion. *Am. J. Physiol.*, 1994, **266**, H2174-H2181.
11. - HARKER-MURRAY A.K., TAJIK A.J., ISHIKURA F., MEYER D., BURNETT J.C., REDFIELD M.M.: The role of coenzyme Q10 in the pathophysiology and therapy of experimental congestive heart failure in the dog. *J. Card. Fail.*, 2000, **6**, 233-242.
12. - JOO J.S.: Coenzyme Q10 and cardiovascular health : to take or not to take, that is the question. *Nutrition Bytes*, 2005, **10**, 4.
13. - KANG J.X., LEAF A.: Prevention of fatal cardiac arrhythmias by polyunsaturated fatty acids. *Am. J. Nutr.*, 2000, **71**, 202S-207S.
14. - LUOSTARINEN R., WALLIN R., SALDEEN T.: Dietary (n-3) fatty acids increase superoxide dismutase activity and decrease thromboxane production in the rat heart. *Nutr. Res.*, 1997, **17**, 163-175.
15. - MANACH C., SCALBERT A., MORAND C., REMESY C., JIMENEZ L.: Polyphenols : food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2004, **79**, 727-747.
16. - MEYDANI S.N., ENDRES S., WOODS M.M., GOLDIN B.R., SOO C., MORILL-LABRODE A., DINARELLO C.A., GORBACH S.L.: Oral (n-3) fatty acid supplementation suppresses cytokine production and lymphocyte proliferation: comparison between young and older women. *J. Nutr.*, 1991, **121**, 547-55.
17. - MUNKHOLM H., HANSEN H.H., RASMUSSEN K.: Coenzyme Q10 treatment in serious heart failure. *Biofactors*, 1999, **9**, 285-289.
18. - NECAS J., BARTOSIKOVA L., FLORIAN T., KLUSAKOVA J., SUCHY V., NAGGAR E.M., JANOSTIKOVA E., BARTOSIK T., LISKOVA M.: Protective effects of the flavonoids osajin and pomiferin on heart ischemia reperfusion. *Ceska Slov. Farm.*, 2006, **55**, 168-174.
19. - PEREZ-VIZCAINO F., DUARTE J., ANDRIANTSITOHAINA R.: Endothelial function and cardiovascular disease : effects of quercetin and wine polyphenols. *Free Radic. Res.*, 2006, **40**, 1054-1065.
20. - ROFFE L., SCHMIDT K., ERNEST E.: Efficacy of coenzyme Q10 for improved tolerability of cancer treatments: a systematic review. *J. Clin. Oncology*, 2004, **22**, 4418-4424.
21. - ROSENFELDT M.E., CHAIT A., BIERMAN E.L., KING W., GOODWIN P., WALDEN C.E., ROSS R.: Lipid composition of aorta of Watanabe heritable hyperlipemic and comparably hypercholesterolemic fat-fed rabbits. Plasma lipid composition determines aortic lipid composition of hypercholesterolemic rabbits. *Arteriosclerosis*, 1988, **8**, 338-347.
22. - SCALBERT A., WILLIAMSON G.: Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutr.*, 2000, **130**, 2073S-2085S.
23. - STANLEY MAINZEN PRINCE P., KARTHICK M.: Preventive effect of rutin on lipids, lipoproteins and ATPase in normal and isoproterenol-induced myocardial infarction in rats. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 2007, **21**, 1-6.
24. - STOCLET J.C., CHATAIGNEAU T., NDIAYE M., OAK M.H., EL BEDOUI J., CHATAIGNEAU M., SCHINI-KERTH V.B.: Vascular protection by dietary polyphenols. *Eur. J. Pharmacol.*, 2004, **500**, 299-313.
25. - TRAN M.T., MITCHELL T.M., KENNEDY D.T., GILES J.T. Role of coenzyme Q10 in chronic heart failure, angina and hypertension. *Pharmacother.*, 2001, **21**, 797-806.
26. - WANDER R.C., HALL J.A., GRADIN J.L., DU S.H., JEWELL D.E.: The ratio of dietary fatty acids influences immune system function, eicosanoid metabolism, lipid peroxidation and vitamin E status in aged dogs. *J. Nutr.*, 1997, **127**, 1198-1205.
27. - WEANT K.A., SMITH K.M.: The role of coenzyme Q10 in heart failure. *Ann. Pharmacother.*, 2005, **39**, 1522-1526.
28. - WEBER C., BYSTED A., HOLMER G.: Coenzyme Q10 in the diet-Daily intake and relative bioavailability. *Molec. Aspects Med.*, 1997, **18**, 251S-254S.
29. - ZAGHLOUL A.A., GURLEY B., KHAN M., BHAGAVAN H., CHOPRA R., REDDY I.: Bioavailability assessment of oral coenzyme Q10 formulations in dogs. *Drug Dev. Ind. Pharm.*, 2002, **28**, 1195-1200.
30. - ZERN T.L., WOOD R.J., GREENE C., WEST K.L., LIU Y., AGGARWAL D., SHACHTER N.S., FERNANDEZ M.L.: Grape polyphenol exerts a cardioprotective effect in pre and post menopausal women by lowering plasma lipids and reducing oxidative stress. *J. Nutr.*, 2005, **135**, 1911-1917.